

## ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХЗОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕКТОРА ТЯГИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Филипас А.А.<sup>1</sup>, Пластунова С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИ ТПУ, ИШИТР, доцент ВАК,

*e-mail: filipas@tpu.ru*

<sup>2</sup>НИ ТПУ, ИШИТР, аспирант,

*e-mail: snp4@tpu.ru*

При прогнозировании энергетических показателей движителей мобильных роботов при движении по заданной траектории по разным типам поверхностей с учетом неизменности траектории, типов движителей и их режимов работы, топологии робота выполняемая им полезная работа теоретически может быть рассчитана как:

$$A_{\text{теор}} = F \cdot S, \quad (1)$$

где  $F$  – сила, затраченная на преодоление пути роботом, а  $S$  – путь, который необходимо преодолеть.

В виду вязкости, коэффициента трения и других характеристик поверхности перемещение робота на отдельных участках траектории может быть затруднено, и фактически выполненная роботом работа отличается от рассчитанной по формуле (1). Она зависит от трудоемкости перемещения робота, иными словами, от электрической мощности движителей робота и может быть вычислена по формуле:

$$A_{\text{факт}} = U \cdot I \cdot t, \quad (2)$$

где  $U$  – напряжение движителя,  $I$  – ток движителя, затрачиваемые на преодоление пути.

Тогда отношение теоретической работы к практической будет представлять из себя коэффициент, который будет характеризовать поверхность, по которой выполняет передвижение робот. Знание данного коэффициента поверхности позволяет выполнять прогноз энергетических затрат робота и времени прибытия в конечную точку с большей точностью. Изменение коэффициента поверхности в процессе работы влечет за собой перегрев механических и электрических частей движителей робота, что увеличивает их износ. Для решения данной проблемы следует поддерживать на уровне номинального значения мощность движителей, что позволит эффективно использовать энергетические ресурсы мобильного робота и избежать быстрого выхода из строя его частей.

Выделяют два режима работы движителей, приведенные на рис. 1: первая зона регулирования характеризуется постоянством момента при увеличении потребляемой мощности, и соответственно скорости до номинальных значений. Эта зона – наиболее широко применима различного рода системах. Здесь выполняются оптимальные критерии для электрической и механической частей электропривода: минимальный износ электродвигателя, допустимый нагрев обмоток двигателя, оптимальные значения токов в силовой части привода и т. д.

Вторая зона – зона поддержания постоянной мощности. В ней для увеличения скорости выше номинальной следует соблюдать пропорции тока и напряжения питания для сохранения номинального значения мощности, значит, при увеличении скорости поддерживаемая приводом нагрузка уменьшается при этом в нелинейной зависимости [1].

Вторая зона регулирования скоростью применяется в двух случаях:

1. Увеличение скорости двигателя при уменьшении нагрузки на его валу, что позволяет уменьшить время выполнения технологического процесса и позволяет эффективно использовать ресурсы электропривода.

2. Увеличение нагрузки на валу двигателя при уменьшении скорости двигателя, что позволяет защитить от перегревов обмотки двигателя и силовую часть системы управления при переменных нагрузках.

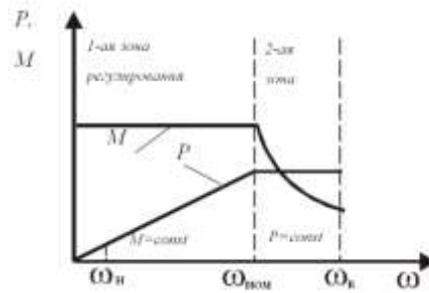


Рис. 1. Зоны регулирования ЭП

Для решения задачи перемещения мобильного робота применим режим сохранения мощности как с целью защиты частей робота от перегрева, так и для эффективного использования мощности входящих в него двигателей. Каждый двигатель робота состоит из электропривода на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) и вращаемого им колеса. Система управления, СДПМ реализована с использованием векторного управления, состоящего из двух регуляторов тока и регулятора скорости.

Данная система управления отличается от системы управления асинхронным двигателем отсутствием задания в ось потокосцепления. Эта особенность обусловлена наличием постоянных магнитов, которые создают постоянный магнитный поток.

Математическое моделирование векторной системы управления СДПМ выполнено в MatlabSimulink. Результат моделирования системы управления СДПМ приведен на рис. 2 [2].

А также реализована система управления на преобразователе частоты мощностью 7 кВт. Результат приведен на рис. 3.

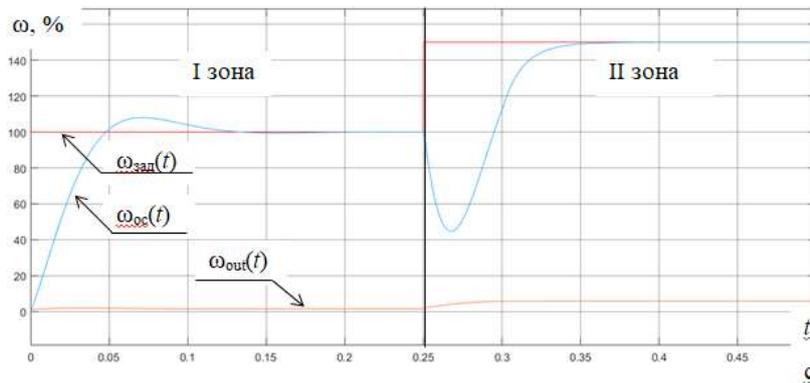


Рис. 2. Переходные процессы разгона СДПМ до  $\omega_n$  и  $1,5 \cdot \omega_n$  в Matlab Simulink

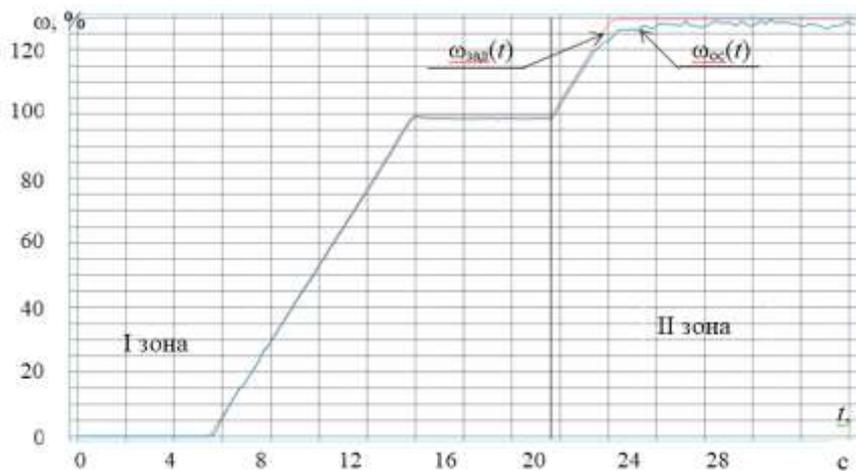


Рис. 3. Переходные процессы разгона СДПМ до  $\omega_n$  и  $1,5 \cdot \omega_n$  на двигателе МВЭДВ 5,5 кВт

При разгоне СДПМ до номинальной скорости регулирование осуществляется в первой зоне работы. При повышении задания скорости выше 100 % от  $\omega_n$  происходит бесконтрольный рост тока двигателя до номинального значения, однако двигатель не выходит на заданную скорость. Для дальнейшего увеличения скорости следует ослабить поле постоянных магнитов, чего можно добиться вводом задания по току в ось потокосцепления двигателя [3].

Таким образом, применение двухзонного регулирования двигателями мобильного робота на основе СДПМ позволит оптимально регулировать скорость движения мобильного робота в зависимости от типа поверхности, оказывающей нагрузку на движители, сохраняя постоянной мощность двигателя. Результаты математического моделирования системы управления СДПМ и реального управления двигателем аналогичны. Максимальная возможная скорость привода индивидуальна для каждого случая и ограничена механической прочностью конструкции.

#### **Список литературы**

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.
2. Глазырин А.С. Математическое моделирование электромеханических систем. Аналитические методы: учебное пособие для вузов / А.С. Глазырин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ. – 2011. – 205 с.: ил. – Библиогр.: с. 194.
3. Мальцева О.П. Системы управления электроприводов: учебное пособие / О.П. Мальцева, Л.С. Удут, Н.В. Кояин; ТПУ, ИДО. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 53. с.